



*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung bezieht sich auf Ultraschall-Prüfgerät. Dieses weist auf: Einen Prüfkopf, insbesondere einen Winkelprüfkopf, einen Ultraschallsender, einen Empfänger für Echosignale und einen Monitor mit einem Display zur Darstellung der empfangenen Echosignale, wobei der Prüfkopf Ultraschallimpulse abgibt und unter einem bestimmten Winkel in den Prüfkörper einschallt, die in den Prüfkörper eindringen, wo sie an einer Rückwand des Prüfkörpers mindestens einmal reflektiert werden und dadurch mindestens ein erstes Bein, das von der Eintrittsfläche bis zur Rückwand reicht, und ein zweites Bein, das dann von der Rückwand bis zur Eintrittsfläche reicht, ausbilden. Erfindungsgemäß werden die empfangenen Echosignale derart dargestellt, dass erkennbar ist, aus welchem Bein sie stammen. Außerdem bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zur Darstellung der Echosignale, die mit Hilfe eines oben beschriebenen Ultraschall-Prüfgeräts für die zerstörungsfreie Prüfung eines Prüfkörpers gewonnen werden.

**Bezeichnung: Ultraschall-Prüfgerät und Verfahren zur Auswertung von Ultraschallsignalen**

Die Erfindung bezieht sich auf Ultraschall-Prüfgerät für die zerstörungsfreie Prüfung eines Prüfkörpers, mit

- einem Prüfkopf, insbesondere einem Winkelprüfkopf,
- einem Sender, der mit dem Prüfkopf verbunden ist und der Sendepulse erzeugt und an den Prüfkopf abgibt,
- einem Empfänger, der mit dem Prüfkopf verbunden ist und Echosignale empfängt und
- einem Monitor mit einem Display, der mit dem Empfänger verbunden ist zur Darstellung der empfangenen Echosignale,

wobei der Prüfkopf Ultraschallimpulse abgibt und unter einem bestimmten Winkel in den Prüfkörper einschallt, die in den Prüfkörper eindringen, wo sie an einer Rückwand des Prüfkörpers mindestens einmal reflektiert werden und dadurch mindestens ein erstes Bein, das von der Eintrittsfläche bis zur Rückwand reicht, und ein zweites Bein, das dann von der Rückwand bis zur Eintrittsfläche reicht, ausbilden.

Außerdem bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zur Darstellung von Echosignalen, die mit Hilfe eines oben beschriebenen Ultraschall-Prüfgeräts für die zerstörungsfreie Prüfung eines Prüfkörpers gewonnen werden.

Für die zerstörungsfreie Prüfung eines Werkstücks durch Ultraschall sind geeignete Prüfgeräte bekannt. Ganz allgemein verwiesen wird auf das DE-Buch von J. und. H. Krautkrämer, Werkstoffprüfung mit Ultraschall, sechste Auflage.

Der Winkelprüfkopf gibt hochfrequente Schallimpulse (ca. 1 - 10 MHz) ab, die in das zu prüfende Werkstück eingeschallt werden und die dann einerseits an der Eintrittsfläche reflektiert werden und zum Winkelprüfkopf zurücklaufen und die andererseits in das Werkstück eindringen, wo sie an einer Rückwand des Werkstücks mindestens einmal reflektiert werden. An inneren Inhomogenitäten, wie zum Beispiel an einem Materialfehler, treten Schallreflexionen auf, die vom Winkelprüfkopf wieder empfangen und im Ultraschallgerät verarbeitet werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist für eine Vielzahl üblicher Messverfahren geeignet, beispielhaft wird die Erfindung im Folgenden anhand des Impuls-Echoverfahren erläutert. Der Winkelprüfkopf gibt vorzugsweise periodisch Ultraschallimpulse ab und empfängt danach Echosignale dieser abgegebenen Ultraschallimpulse. Im Allgemeinen ist das Echosignal der Eintrittsfläche ein besonders starkes Signal, das die weiteren Echosignale übersteigt. Die weiteren Echosignale stammen aus dem Werkstück und insbesondere von der Rückwand des Werkstücks. Insoweit ist das Prüfungsverfahren für Werkstücke geeignet, deren Eintrittsfläche im Wesentlichen parallel zur Rückwand verläuft, so dass es zur Ausbildung mehrerer Hin- und Hergänge des Ultraschallimpulses im Werkstück kommt.

Der Winkelprüfkopf wird neben den zu prüfenden Bereich angeordnet und das Schallsignal wird sozusagen seitlich in den relevanten Bereich eingeschallt. Dies ist beispielsweise bei der Ultraschallprüfung von Schweißnähten der Fall. Die Ultraschallwelle läuft in das Material hinein, bis an einer Grenzfläche eine teilweise oder völlige Reflexion stattfindet. Liegt die reflektierende Fläche senkrecht zur Ausbreitungsrichtung, so wird die Schallwelle in ihre ursprüngliche Richtung reflektiert und erreicht nach einer gewissen Laufzeit wieder einen im Winkelprüfkopf angeordneten piezoelektrischen Schwinger, der sie in einen elektrischen Impuls zurückverwandelt. Der zu-

rückkehrende Ultraschall wird zum Teil an der Grenzfläche Schwinger-Werkstücksoberfläche erneut reflektiert, dieser kleine Schallanteil durchläuft das Werkstück ein zweites Mal. Auf diese Weise entsteht beim Impuls-Echoverfahren durch mehrfache Reflexion an Grenzflächen (Prüfteil-Rückwand oder Fehler) eine sogenannte Echofolge.

Bei einem ungestörten Prüfkörper wird der Schall also jeweils zwischen Eintrittsfläche und Rückwand des Prüfkörpers reflektiert und läuft unter einem bestimmten Winkel immer weiter in die vom Winkelprüfkopf wegweisende Richtung in den Prüfkörper hinein.

Bei der Überprüfung von Schweißnähten wird der Winkelprüfkopf entlang der Schweißnaht bewegt, bis ein maximales Fehlerecho entsteht. Die empfangenen Echosignale werden dabei unmittelbar auf dem Monitor dargestellt. Die Darstellung erfolgt allgemein als sogenanntes A-Bild, bei dem über der Zeitachse die Spannungswerte der empfangenen Echosignale dargestellt werden. Bei mehrfachen Hin- und Hergängen zwischen Eintrittsfläche und Rückwand erhält man eine Folge gleichabständiger Echosignale, deren Amplitude mit wachsender Zeit im Allgemeinen abnimmt. Dabei werden die einzelnen Hin- und Hergänge, also die Strecke des Schall von der Eintrittsfläche zur Rückwand und umgekehrt, jeweils als Bein bezeichnet. Ausgehend vom Winkelprüfkopf wird also zunächst ein erstes Bein erzeugt, das von der Eintrittsfläche schräg bis hin zur Rückwand verläuft. Dort wird der Schall reflektiert und es bildet sich ein zweites Bein, welches von der Rückwand bis zur Eintrittsfläche verläuft, usw.

Wegen der schräg verlaufenden Schallwege ist die Ortung eines Reflektors (Fehlers) im Prüfstück nur mit geometrischen Überlegungen möglich und wird auf Basis der bekannten und gemessenen Daten errechnet.

Für eine erfolgreiche manuelle Untersuchung des Prüfkörpers ist es notwen-

dig, dass der Prüfer Prüfkörper mit dem Winkelprüfkopf und mit gleichbleibender Genauigkeit abfährt. Nur so kann ein ausreichend genaues Ergebnis erzielt werden. Auch ist dies insbesondere für eine spätere Dokumentation der Untersuchung notwendig. Gerade bei der Untersuchung großer Prüfkörper, insbesondere bei der Untersuchung von langen Schweißnähten kann es passieren, dass der Prüfer auf Grund von Konzentrationsmangel die abzufahrende Wegstrecke nur ungenau einhält.

Bei den Messverfahren nach dem Stand der Technik muss der Prüfer deshalb stets den Prüfkörper im Auge behalten und bekommt beispielsweise vom Monitor keinerlei Rückmeldung über die Position des Winkelprüfkopfes im Verhältnis zu der zu untersuchenden Schweißnaht. Dies führt dazu, dass der Prüfer stets abwechselnd auf den Monitor und auf den Prüfkörper blicken muss. Erkennt er beispielsweise während der Messung auf dem Monitor, also im A-Bild einen Fehler und reagiert er zu spät, hat sich die Hand mit dem Winkelprüfkopf schon von der entscheidenden Stelle entfernt. Da der Prüfer nur auf den Motor geblickt hatte, fällt es ihm dann relativ schwer relevante Position wieder zu finden.

Hier setzt nun die vorliegende Erfindung an. Sie hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Arbeit des Prüfers zu erleichtern. Ziel der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Auswertung von mit Hilfe eines Winkelprüfkopfes erzeugten Ultraschallsignalen zu entwickeln, bei dem der Prüfer schon während der Überprüfung zusätzliche Informationen derart erhält, dass ihm die Überprüfung des Prüfkörpers erleichtert wird. Insbesondere soll die Erfindung dazu führen, dass der Prüfer während der Untersuchung Hilfsinformationen bekommt, die ihm die notwendige exakte Führung des Winkelprüfkopfes erleichtern.

Erfindungsgemäß wird dies sowohl durch ein Ultraschall-Prüfgerät, als auch durch ein Verfahren dadurch erreicht, dass die empfangenen elektrischen

Echosignale auf dem Display derart dargestellt werden, dass erkennbar ist, aus welchem Bein sie stammen.

Dies bedeutet, dass der Prüfer auf dem Monitor auf den ersten Blick erkennen kann, ob sich ein ermitteltes relevantes Signal, beispielsweise eine Fehlstelle, im Bereich des ersten, des zweiten oder eines anderen Beins befindet. Daraus ergibt sich unmittelbar, wie weit das relevante Signal vom Winkelprüfkopf entfernt ist. Dies erleichtert dem Prüfer die Untersuchung des Prüfkörpers deutlich, da er durch Blick auf den Monitor auch eine schnell zu erfassende Informationen bezüglich der Position des Winkelprüfkopfes erhält. Sollte er während des Untersuchungsvorgangs ein relevantes Signal auf dem Monitor erblicken, erkennt er sofort, wie weit die Ursache des Signals beispielsweise die Fehlstelle von dem Winkelprüfkopf entfernt ist. Dies erleichtert dem Prüfer die Arbeit ungemein.

Die Erfindung ist nicht nur für das manuelle Überprüfen von Prüfkörpern geeignet, sie unterstützt auch das automatisierte Abfahren eines Prüfkörpers mit einem Winkelprüfkopf. Dies deshalb, weil ein Prüfer, der den Weg des Winkelprüfkopfes ja nicht mit seiner Hand kontrolliert, mit einem kurzen Blick auf den Monitor anhand der Darstellung sofort erkennt, ob sich die zu prüfende Stelle, beispielsweise die Schweißnaht, im richtigen Bein des Schallwegs befindet und somit der Winkelprüfkopf den korrekten Abstand zur Schweißnaht aufweist.

Im Sinne der vorliegenden Erfindung ist der Begriff Fehler nicht nur wörtlich, also nicht nur im Sinne von Ungänze zu verstehen, sondern soll vielmehr im Sinne von signifikantem Signal verstanden werden. Die Erfindung beinhaltet also das Auffinden jeglicher relevanter Stellen in einem Prüfkörper.

Voraussetzung für ein solches System ist, dass der Einschallwinkel sowie die

Wanddicke des Prüfkörpers bekannt sind. Aus diesen Informationen lässt sich der Schallweg für ein Bein und damit der Übergang von einem Bein zum nächsten bzw. der Punkt, an dem die Reflektion des Schall an der Eintrittsfläche oder an der Rückwand erfolgt leicht berechnen.

Die unterschiedliche Darstellung der Beine auf dem Monitor bzw. derjenigen Bereiche, die jeweils einem Bein entsprechen, kann durch jede geeignete Darstellungsmethode erfolgen.

Beispielsweise kann der Bereich der Messkurve, der jeweils einem bestimmten Bein zugeordnet ist, durch eine besondere Schraffur oder einen besonderen Grauton des Hintergrundes hervorgehoben sein. Dies bedeutet, dass die Messkurve selbst unverändert bleibt. Die Informationen, welches Bein dem jeweiligen Bereich der Messkurve zu Grunde liegt, wird durch den Hintergrund generiert.

Alternativ ist auch ein zusätzliches Symbol an denjenigen Punkten der Messkurve denkbar, an denen die Reflektion des Schalls an der Eintrittsfläche oder der Rückwand erfolgt. Diese Punkte entsprechen den Übergängen von einem Bein zum nächsten. Als solche Symbole sind beispielsweise alphanumerische Zeichen oder auch Strichlinien, die die Messkurve schneiden, denkbar.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsvariante weist der Monitor ein Farbdisplay auf. Die Messkurve kann dann, abhängig davon, welches Bein der Messkurve zu Grunde liegt in jeweils verschiedenen Farben dargestellt werden. Hier bietet sich die Verwendung kräftiger Farben, beispielsweise von Grundfarben an. Auch kann der Hintergrund der Messkurve entsprechend unterschiedlichen Farben dargestellt werden. Neben LCD-Displays haben sich auch andere Farbmonitore, beispielsweise Plasma-Displays bewährt.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsvariante weist der Winkelprüfkopf einen Taster zur Aufnahme der Nullpunktposition zu Anfang des Prüfungsvorgangs auf. Dies bedeutet, dass die Prüfung an einer definierten Stelle auf den Prüfkörper beginnt, wobei diese Stelle im System gespeichert wird. Somit ist es möglich, relevante Positionen des Winkelprüfkopfes im Nachhinein auf Basis der gespeicherten Daten nachzuvollziehen. Der Winkelprüfkopf weist hierzu Mittel auf, die dazu dienen, die jeweilige Position auf der Oberfläche des zu prüfenden Körpers in Bezug auf einen Ort anzugeben der zum Zeitpunkt des Messstartes vorlag. Dies kann beispielsweise mit Hilfe einer Digitalkamera erfolgen, die mit dem Gehäuse des Winkelprüfkopfes fest verbunden ist. Sie ist so ausgerichtet, dass sie die Oberfläche des zu prüfenden Körpers erfasst. Dabei soll sie möglichst nahe an der Stelle ein Bild dieser Oberfläche liefern, an der einen Zentralstrahl des aktiven Schallelements die Oberfläche durchtritt. Mittels dieser Digitalkamera wird in Zeitabständen ein elektronisches Bild von dem Teilstück Oberfläche, das sich jeweils unter der Linse der Digitalkamera befindet, dass also in der Gegenstandsebene liegt. Das Teilstück kann beispielsweise die Abmessungen von wenigen Millimetern, beispielsweise von 2 x 2 oder 4 x 4 mm haben. Vorzugsweise wird in vorgegebenen festen Zeitabständen von der Digitalkamera ein Bild des jeweiligen Teilstücks Oberfläche. Hierzu wird auf die Anmeldung DE 100 58 174 A 1 des gleichen Anmelders verwiesen.

Auch kann es in vorteilhaft sein, wenn auf dem Monitor bzw. dem Display lediglich der Bereich des zu untersuchenden Prüfkörpers dargestellt wird, der bei der Untersuchung von Interesse ist. Dies kann beispielsweise die zu untersuchende Schweißnaht sein. Ist die Schweißnahtgeometrie bekannt und im Ultraschall-Prüfgerät bzw. im Rechner gespeichert, können sowohl räumliche Grenzwerte als auch Grenzwerte bezüglich der zu berücksichtigenden Amplitude eingegeben werden. Wenn die Nullpunktposition zu Anfang des Messvorgangs ermittelt wurde, kann die Entfernung des Winkelprüfkopfes von der Schweißnaht auf Basis der Beinlänge bzw. der Wanddi-



cke und des Einschallwinkels jederzeit berechnet werden. Somit ist es möglich, jederzeit und unabhängig von der Position des Winkelprüfkopfes lediglich den Bereich der Schweißnaht auf dem Monitor darzustellen. Gerade dann ist die unterschiedliche Darstellung der Beine besonders vorteilhaft. Dies deshalb, weil bei korrekt eingehaltenen Abstand zur Schweißnaht ein möglicher Fehler bzw. ein relevantes Signal stets im gleichen Bein auftreten muss und der Monitor und/oder die Messkurve entsprechend stets die gleiche Darstellung aufweisen muss.

Je nach notwendiger Bewegung des Winkelprüfkopfs kann es natürlich auch möglich sein, dass das relevante Signal in einem Streckenbereich von beispielsweise zwei oder drei Beinen auftreten muss, sich die Darstellung also entsprechend ändert.

Der Prüfer bemerkt mit Blick auf den Monitor und ohne zusätzlichen Blick auf den Prüfkörper durch eine Änderung der Darstellung sofort, ob er sich mit dem Winkelprüfkopf zu weit von der Schweißnaht entfernt hat.

Beispielsweise kann es auch vorteilhaft sein, wenn nicht die einzelnen Beine in einer besonderen Form dargestellt sind, sondern vielmehr ein Hin- und ein Hergang, also zwei miteinander verbundene Beine gleichartig dargestellt werden. Auch können Bereiche von mehreren Beinen entsprechend gleich dargestellt werden. Möglich ist auch, dass bei einer Prüfung eines Prüfkörpers mit einem Ultraschall-Prüfgerät, welches gerade in den Prüfkörper einschallt, die verschiedenen Hin- und Hergänge zwischen der Eintrittsfläche und der Rückwand unterschiedlich dargestellt werden. Schließlich kann es auch sinnvoll sein, wenn die Darstellung der Messkurve nicht von der Herkunft der Messdaten abhängig ist, sondern lediglich durch vorher festgelegte Zeitfenster bestimmt wird. Beispielsweise kann nach einem bestimmten Zeitraum die Darstellung der Messkurve in Gelb erfolgen, um dann wiederum nach einer bestimmten Zeit in einen anderen Farbton überzugehen.

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen sowie der nun folgenden Beschreibung von nicht einschränkend zu verstehenden Ausführungsbeispielen der Erfindung, die unter Bezugnahme auf die Zeichnung im Folgenden näher erläutert werden. In dieser Zeichnung zeigen:

Figur 1: eine Prinzipdarstellung des Schallverlaufs eines Ultraschallsignals ausgehend von einem Winkelprüfkopf durch einen Prüfkörper,

Figur 2: eine beispielhafte erfindungsgemäße Darstellung eines A-Bildes.

Figur 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer Ultraschallmessung mit einem Winkelprüfkopf 10 als Ultraschall-Prüfgerät im Querschnitt. Der Winkelprüfkopf 10, der einen Sender und einen Empfänger beinhaltet, ist mit einem Monitor 12, der wiederum ein Display 14 aufweist, über eine Leitung 16 verbunden. An Stelle der Leitung 16 ist auch eine andere Verbindungsart, beispielsweise per Funk, denkbar.

Der Winkelprüfkopf 10 ist auf einem Prüfkörper 18 angeordnet. Der Prüfkörper 18 ist hier ein Teilstück einer Stahlplatte, die mit einer zweiten Stahlplatte über eine Schweißnaht 20 verbunden ist. Der Prüfkörper 18 weist eine Eintrittsfläche 22 und eine Rückwand 24 auf. Zwischen der Eintrittsfläche 22 und der Rückwand 24 ist ein Schallweg als Linie angedeutet. Ausgehend vom Winkelprüfkopf 20 werden Sendeimpulse, also wird der Schall zunächst unter einem vorbestimmten Winkel  $\alpha$  schräg in den Prüfkörper 18 eingeschallt, bildet ein erstes Bein 28 aus, wird dann an der Rückwand 24 reflektiert, bildet ein zweites Bein 30 aus, gelangt wieder zur Eintrittsfläche 22, wird erneut reflektiert und bildet ein drittes Bein 32 aus usw. In der beispielhaften Darstellung kreuzt der Schallweg 26 im Bereich seines zweiten Beins 30 die Schweißnaht 20. Aus einer Wanddicke 34 und dem Winkel  $\alpha$  ist es leicht möglich, die Länge eines Beins 28, 30, 32 bzw. den Punkt des Ü-

bergangs von einem Bein 28, 30, 32 zum nächsten zu berechnen.

Trifft der Schall auf einen Fehler 36, beispielsweise einen Lunker, wird er reflektiert und gelangt je nach Ausrichtung des Fehlers als Echosignal zurück zum Empfänger. Weiß nun der Prüfer, welches Bein 28, 30, 32 den Fehler 36 getroffen hat, kann er unmittelbar auf den ungefähren Abstand des Fehlers 36 vom Winkelprüfkopf 10 schließen, zumindest weiß er, dass sich der Fehler auf der Wegstrecke des entsprechenden Beins 28, 30, 32 befindet.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsvariante weist der Winkelprüfkopf 10 einen Taster zur Aufnahme der Nullpunktposition zu Anfang des Prüfungsvorgangs auf. Dies bedeutet, dass die Prüfung an einer definierten Stelle auf den Prüfkörper beginnt, wobei diese Stelle im System gespeichert wird. Der Winkelprüfkopf 10 weist hierzu ein Mittel 38 auf, das fest mit dem Winkelprüfkopf 10 verbunden ist und dazu dient, die jeweilige Position auf der Oberfläche des zu prüfenden Körpers in Bezug auf einen Ort anzugeben der zum Zeitpunkt des Messstartes vorlag. Dies kann beispielsweise mit Hilfe einer Digitalkamera erfolgen, die mit dem Gehäuse des Winkelprüfkopfs fest verbunden ist. Sie ist so ausgerichtet, dass sie die Oberfläche des Prüfkörpers erfasst.

Fig. 2 zeigt in einer Prinzipdarstellung ein sogenanntes A-Bild 40, welches auf dem Display 14 des Monitors 12 dargestellt wird. Aufgetragen über einer Zeitachse 41 in Sekunden (als x-Achse) ist auf der y-Achse der Spannungswert  $U$  in Volt der empfangenen Signale (Spannungswertachse 43).

Der Sender gibt periodisch Sendeimpulse ab, die den Winkelprüfkopf 10 veranlassen, kurzzeitige Ultraschallimpulse abgeben. Die einzelnen Ultraschallimpulse laufen zunächst durch ein Ankopplungsmittel. Ein Teil jedes Impulses wird im Allgemeinen an der Eintrittsfläche 22 reflektiert und kommt als Eintrittsecho 42 zeitlich vor weiteren Signalen im Empfänger an. Ein Teil je-

des Ultraschallimpulses dringt im Allgemeinen in das Werkstück ein und wird, wie bereits erläutert, zunächst an der Rückwand 24 reflektiert und pflanzt sich entsprechend zwischen der Eintrittsfläche 22 und der Rückwand 24 im Prüfkörper fort. Es entsteht die gezeigte Messkurve 44. Darüber hinaus wird ein Teil des in das Werkstück eingedrungenen Ultraschallimpulses auch an Fehlstellen wie dem Fehler 36 reflektiert, sofern solche vorliegen.

Das Ultraschallmessgerät bzw. ein mit diesem zusammenwirkender Rechner berechnet die Positionen, an denen das ein Bein 28, 30, 32 in das nächste übergeht, also der Schall an der Eintrittsfläche 22 oder der Rückwand 24 reflektiert wird. Erfindungsgemäß werden diese Daten genutzt, um die einzelnen Beine 28, 30, 32 auf dem Display 14 visuell darzustellen. Wie in Figur 2 dargestellt, kann dies durch Linien 46 erfolgen, die die Messkurve 44 an den entsprechenden Stellen schneiden. Alternativ ist auch möglich den Hintergrund der Messkurve 44 den Beinen 28, 30, 32 entsprechend zu gestalten, beispielsweise zu schraffieren oder in verschiedene Grautöne einzufärben.

Als besonders vorteilhaft hat sich der Verwendung eines Farbdisplays erwiesen, da somit die Kennzeichnung der den einzelnen Beinen 28, 30, 32 entsprechenden Abschnitte der Messkurve 44 sowohl vereinfacht als auch optisch deutlicher wird. Entweder können auch dann die Hintergründe der Messkurve 44 unterschiedlich gefärbt sein, es kann aber auch die Messkurve 44 selbst in Abhängigkeit der Herkunft der Daten aus den jeweiligen Beinen 28, 30, 32 unterschiedliche Farben aufweisen.

Auch kann es in vorteilhaft sein, wenn auf dem Monitor 12 bzw. dem Display 14 lediglich der Bereich des zu untersuchenden Prüfkörpers 18 dargestellt wird, der bei der Untersuchung von Interesse ist. Dies kann beispielsweise die zu untersuchende Schweißnaht 20 sein. Es können sowohl räumliche Grenzwerte als auch Grenzwerte bezüglich der zu berücksichtigenden Ampli-

tude eingegeben und berücksichtigt werden. Dies bedeutet, dass nur Signale angezeigt werden, deren Ursprung entweder der Bereich der zu untersuchenden Schweißnaht 20 ist und/oder deren Signalstärke den minimalen Grenzwert übersteigt und oder den maximalen Grenzwert unterschreitet. Auch dies erleichtert dem Prüfer die Arbeit.

Aus dem Vorangegangenen ist ersichtlich, dass sich das erfindungsgemäße Gerät und insbesondere auch das damit durchgeführte Verfahren zur Prüfung von Werkstücken für eine Serienmessung eignet. Beispiel für eine Serienmessung ist die Prüfung von Schweißverbindungen von Kraftfahrzeugkarosserien. Das Prüfgerät wird zunächst an einem Werkstück oder wenigen Werkstücken einjustiert, anschließend wird die Serienprüfung durchgeführt.

Die Erfindung ist nicht auf die beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern umfasst auch alle weiteren gleichwirkenden Ausführungsformen. Auch ist Anspruch 1 nur als erster Formulierungsversuch zu verstehen.

**Bezeichnung: Ultraschall-Prüfgerät für die Prüfung eines Werkstücks****Patentansprüche**

1. Ultraschall-Prüfgerät für die zerstörungsfreie Prüfung eines Prüfkörpers (18), mit
  - einem Prüfkopf, insbesondere einem Winkelprüfkopf (10),
  - einem Sender, der mit dem Prüfkopf verbunden ist und der Sendeimpulse erzeugt und an den Prüfkopf abgibt,
  - einem Empfänger, der mit dem Prüfkopf verbunden ist und Echosignale empfängt und
  - einem Monitor (12) mit einem Display (14), der mit dem Empfänger verbunden ist zur Darstellung der empfangenen Echosignale,wobei der Prüfkopf Ultraschallimpulse abgibt und unter einem bestimmten Winkel ( $\alpha$ ) in den Prüfkörper (18) einschallt, die in den Prüfkörper (18) eindringen, wo sie an einer Rückwand (24) des Prüfkörpers (18) mindestens einmal reflektiert werden und dadurch mindestens ein erstes Bein (28), das von der Eintrittsfläche (22) bis zur Rückwand (24) reicht, und ein zweites Bein (30), das dann von der Rückwand (24) bis zur Eintrittsfläche (22) reicht, ausbilden,  
*dadurch gekennzeichnet, dass*  
die empfangenen Echosignale auf dem Display (14) derart dargestellt werden, dass erkennbar ist, aus welchem Bein (28, 30) sie stammen.
2. Ultraschall-Prüfgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Echosignale auf dem Display (14) in Form einer Messkurve (44) in einem Diagramm dargestellt werden, bei dem eine Zeitachse (41) über einer Spannungswertachse (43) aufgetragen ist.

3. Ultraschall-Prüfgerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass denjenigen Punkten der Messkurve (44), die jeweils dem Übergang von einem Bein (28, 30) zum nächsten Bein (28, 30) entsprechen, jeweils ein alphanumerisches Zeichen zugeordnet ist.
4. Ultraschall-Prüfgerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass an denjenigen Punkten der Messkurve (44), die jeweils dem Übergang von einem Bein (28, 30) zum nächsten Bein (28, 30) entsprechen, jeweils eine Linie (46) die Messkurve (44) schneidet.
5. Ultraschall-Prüfgerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass diejenigen Bereiche der Messkurve (44), die jeweils von einem bestimmten Bein (28, 30) stammen, mit einem für das jeweilige Bein (28, 30) charakteristischen Hintergrund hinterlegt sind.
6. Ultraschall-Prüfgerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Messkurve (44) in denjenigen Bereiche, die jeweils von einem bestimmten Bein (28, 30) stammen, in einer für das jeweilige Bein (28, 30) charakteristischen Linienart dargestellt sind.
7. Ultraschall-Prüfgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Display (14) als Farbdisplay ausgeführt ist.
8. Ultraschall-Prüfgerät nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass diejenigen Bereiche der Messkurve (44), die jeweils von einem bestimmten Bein (28, 30) stammen, mit einem für das jeweilige Bein (28, 30) charakteristischen farbigen Hintergrund hinterlegt sind.
9. Ultraschall-Prüfgerät nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Messkurve (44) in denjenigen Bereiche, die jeweils von einem be-

stimmten Bein (28, 30) stammen, in einer für das jeweilige Bein (28, 30) charakteristischen Farbe dargestellt sind.

10. Ultraschall-Prüfgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 9, gekennzeichnet durch ein Mittel (38), das fest mit dem Prüfkopf verbunden ist und dazu dient, die jeweilige Position des Prüfkopfs auf der Oberfläche des Prüfkörpers (18) zu ermitteln.
11. Ultraschall-Prüfgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass durch Berücksichtigung von Grenzwerten bezüglich der Amplitude und/oder räumlicher Grenzwerte auf das Display (14) lediglich der Bereich des zu untersuchenden Prüfkörpers (18) dargestellt ist, der bei der Untersuchung von Interesse ist.
12. Verfahren zur Darstellung von Echosignalen, die mit Hilfe eines Ultraschall-Prüfgeräts für die zerstörungsfreie Prüfung eines Prüfkörpers (18) gewonnen werden, wobei das Ultraschall-Prüfgerät aufweist:
  - einen Prüfkopf, insbesondere einen Winkelprüfkopf (10),
  - einen Sender, der mit dem Prüfkopf verbunden ist und der Sendeimpulse erzeugt und an den Prüfkopf abgibt,
  - einen Empfänger, der mit dem Prüfkopf verbunden ist und Echosignale empfängt, und
  - einen Monitor (12) mit einem Display (14), der mit dem Empfänger verbunden ist zur Darstellung der empfangenen Echosignale,mit den Verfahrensschritten:
  - Abgabe von Ultraschallimpulsen durch den Prüfkopf,
  - Einschallen der Ultraschallimpulse unter einem bestimmten Winkel ( $\alpha$ ) in den Prüfkörper (18) derart, dass die Ultraschallimpulse in den Prüfkörper (18) eindringen, wo sie an einer Rückwand (24) des Prüfkörpers (18) mindestens einmal reflektiert werden und dadurch mindestens ein erstes Bein (28), das von der Eintrittsfläche (22) bis zur Rückwand



- (24) reicht, und ein zweites Bein (30), das dann von der Rückwand (24) bis zur Eintrittsfläche (22) reicht, ausbilden,
- Darstellen der empfangenen Echosignale auf dem Display (14),  
*dadurch gekennzeichnet,*  
dass die empfangenen Echosignale auf dem Display (14) derart dargestellt werden, dass erkennbar ist, aus welchem Bein (28, 30) sie stammen.
13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Echosignale auf dem Display (14) in Form einer Messkurve (44) in einem Diagramm dargestellt werden, bei dem eine Zeitachse (41) über einer Spannungswertachse (43) aufgetragen ist.
14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass denjenigen Punkten der Messkurve (44), die jeweils dem Übergang von einem Bein (28, 30) zum nächsten Bein (28, 30) entsprechen, jeweils ein alphanumerisches Zeichen zugeordnet wird.
15. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass an denjenigen Punkten der Messkurve (44), die jeweils dem Übergang von einem Bein (28, 30) zum nächsten Bein (28, 30) entsprechen, jeweils eine Linie dargestellt wird, die (46) die Messkurve (44) schneidet.
16. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass diejenigen Bereiche der Messkurve (44), die jeweils von einem bestimmten Bein (28, 30) stammen, mit einem für das jeweilige Bein (28, 30) charakteristischen Hintergrund hinterlegt werden.
17. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Messkurve (44) in denjenigen Bereiche, die jeweils von einem bestimmten Bein (28, 30) stammen, in einer für das jeweilige Bein (28, 30) charakteristischen Linienart dargestellt werden.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass das Display (14) als Farbdisplay ausgeführt ist.
19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass diejenigen Bereiche der Messkurve (44), die jeweils von einem bestimmten Bein (28, 30) stammen, mit einem für das jeweilige Bein (28, 30) charakteristischen farbigen Hintergrund hinterlegt werden.
20. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Messkurve (44) in denjenigen Bereiche, die jeweils von einem bestimmten Bein (28, 30) stammen, in einer für das jeweilige Bein (28, 30) charakteristischen Farbe dargestellt werden.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 20, gekennzeichnet durch ein Mittel (38), das fest mit dem Prüfkopf verbunden ist und dazu dient, die jeweilige Position des Prüfkopfs auf der Oberfläche des Prüfkörpers (18) zu ermitteln.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass durch Berücksichtigung von Grenzwerten bezüglich der Amplitude und/oder räumlicher Grenzwerte auf das Display (14) lediglich der Bereich des zu untersuchenden Prüfkörpers (18) dargestellt ist, der bei der Untersuchung von Interesse ist.

1/2

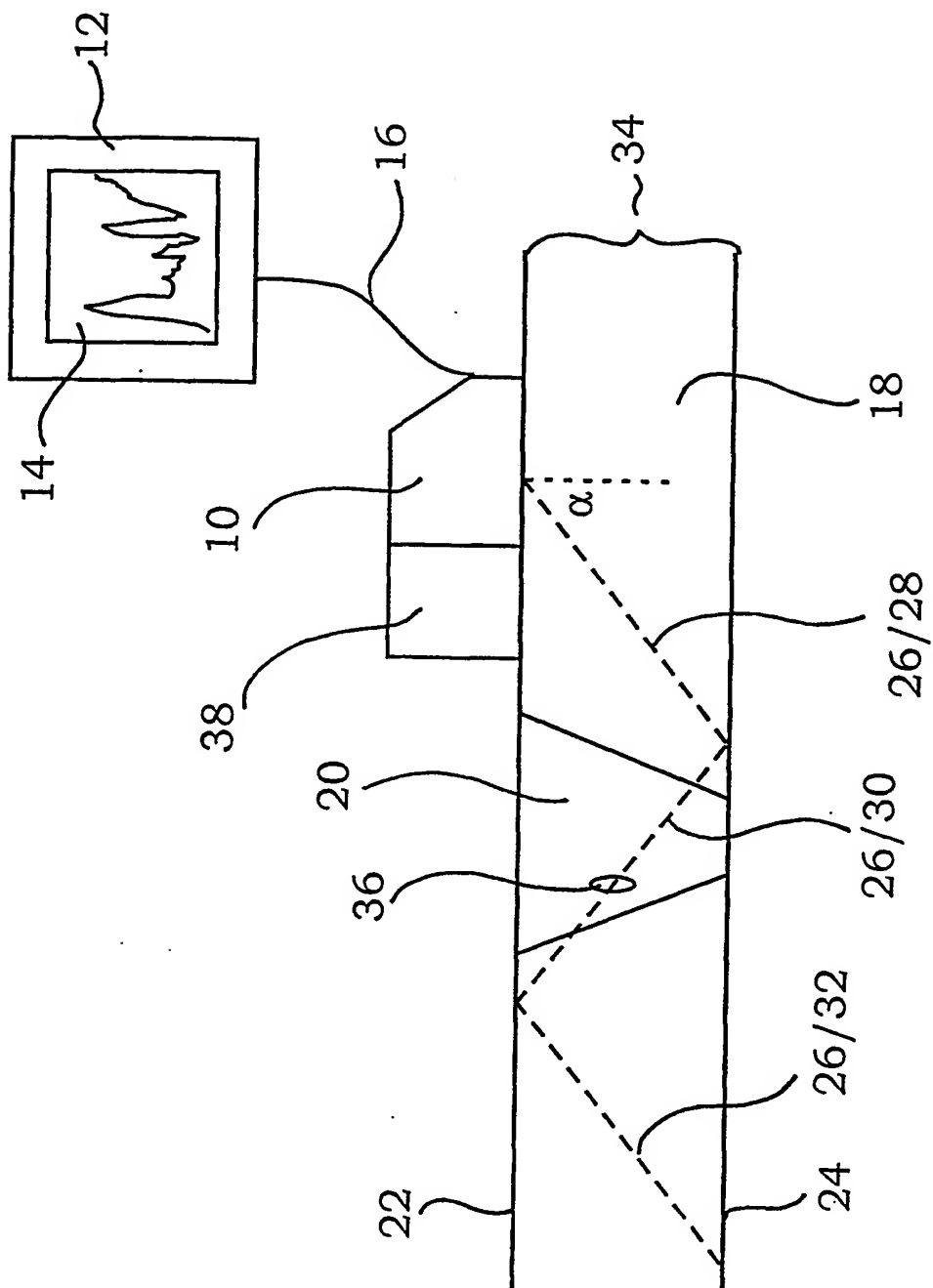
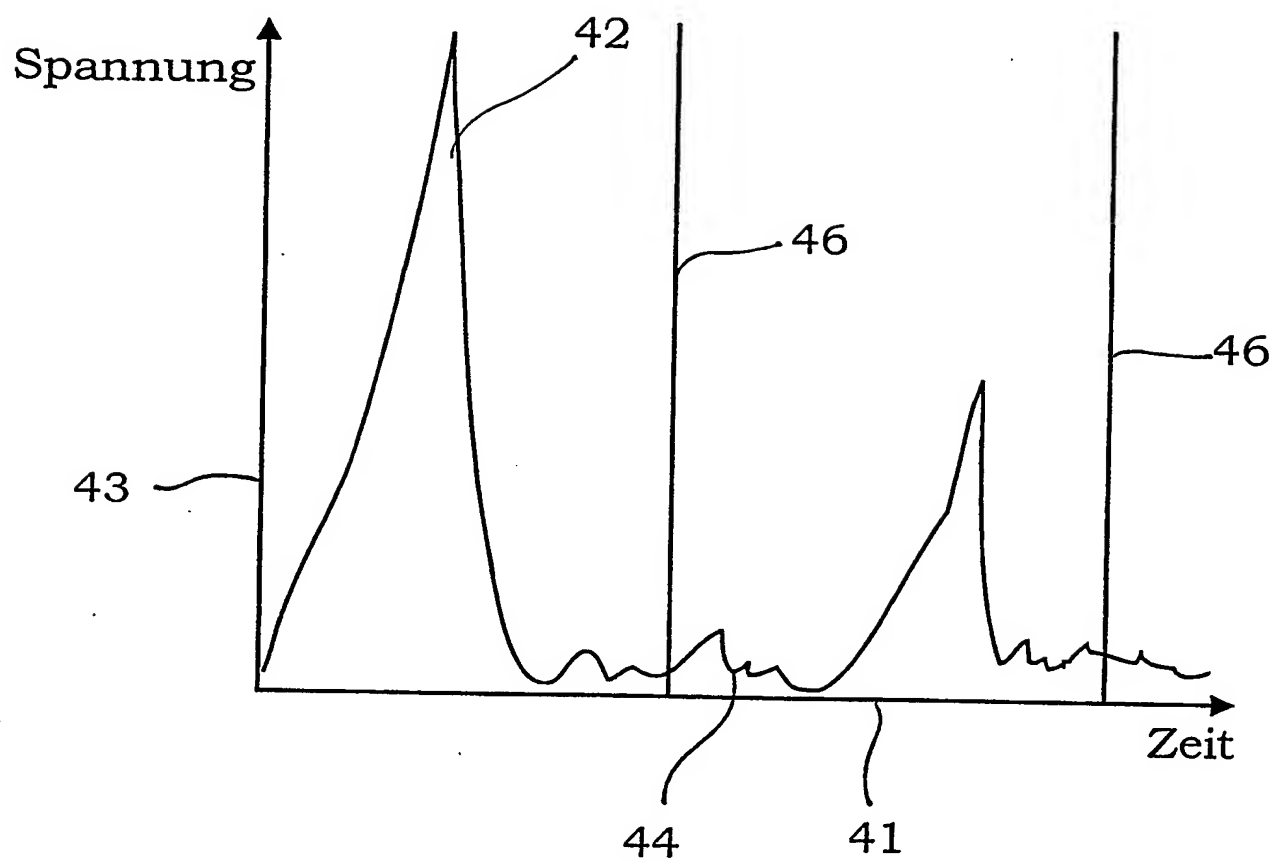


Fig. 1

2/2

Fig. 2



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 03/03279

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01N29/06  
//G01N29/10, G01S7/04, G01S15/06, G01S15/42

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| X          | V. DEUTSCH, M. PLATTE, M. VOGT: "3.4 Fehlernachweis und Gerätejustierung" ULTRASCHALLPRÜFUNG, 1997, pages 80-133, XP002280036<br>BERLIN, HEIDELBERG, NEW YORK    | 1-10,<br>12-21        |
| A          | page 91, line 15 - line 20; figures 3.55, 3.56, 3.112<br>page 90, paragraph 1<br>page 128, paragraph 2   | 11, 22                |
| A          | US 6 327 921 B1 (HSU DAVID K ET AL)<br>11 December 2001 (2001-12-11)<br>abstract; claim 1; figures 4-6<br>column 2, line 63 - column 4, line 39<br>-----<br>-/-- | 1, 12                 |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

\* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 May 2004

Date of mailing of the international search report

01/06/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Uttenthaler, E

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 03/03279

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| A          | US 4 176 658 A (KOSSOFF GEORGE ET AL)<br>4 December 1979 (1979-12-04)<br>abstract; claim 1; figure 1<br>column 1, line 4 - column 3, line 30<br>-----   | 1,12                  |
| T          | GE INSPECTION TECHNOLOGIES: "USM 35<br>Ultrasonic Flaw Detector" 'Online!<br>XP002280037<br>Retrieved from the Internet:<br>URL: <a href="http://www.geinspectiontechnologies.com/products/Ultrasonics/FlawDetectors/usm35.html">http://www.geinspectiontechnologies.com/products/Ultrasonics/FlawDetectors/usm35.html</a> > 'retrieved on 2004-05-10!<br>----- | 1-22                  |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International Application No  
PCT/DE 03/03279

| Patent document<br>cited in search report |    | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|---|----|---------------------|----------------------------|---------------------|
| US 6327921                                | B1 | 11-12-2001          | NONE                       |                     |
| US 4176658                                | A  | 04-12-1979          | AU 490105 B2               | 05-12-1974          |
|   |    |                     | AU 5655373 A               | 05-12-1974          |
|   |    |                     | CA 1012238 A1              | 14-06-1977          |
|   |    |                     | DE 2329385 A1              | 31-01-1974          |
|   |    |                     | GB 1439198 A               | 09-06-1976          |
|   |    |                     | JP 49063286 A              | 19-06-1974          |
|   |    |                     | AT 507873 A                | 15-07-1980          |

# INTERNATIONALE RESEARCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/03279

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G01N29/06  
//G01N29/10, G01S7/04, G01S15/06, G01S15/42

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 G01N

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile  | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| X          | V. DEUTSCH, M. PLATTE, M. VOGT: "3.4 Fehlernachweis und Gerätejustierung" ULTRASCHALLPRÜFUNG, 1997, Seiten 80-133, XP002280036  | 1-10, 12-21        |
| A          | BERLIN, HEIDELBERG, NEW YORK<br>Seite 91, Zeile 15 - Zeile 20; Abbildungen 3.55, 3.56, 3.112<br>Seite 90, Absatz 1<br>Seite 128, Absatz 2   | 11, 22             |
| A          | US 6 327 921 B1 (HSU DAVID K ET AL)<br>11. Dezember 2001 (2001-12-11)<br>Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildungen 4-6<br>Spalte 2, Zeile 63 - Spalte 4, Zeile 39<br>-----<br>-/-- | 1, 12              |

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

12. Mai 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

01/06/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Uttenthaler, E



# INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Informationelles Aktenzeichen

PCT/DE 03/03279

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile  | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| A          | US 4 176 658 A (KOSSOFF GEORGE ET AL)<br>4. Dezember 1979 (1979-12-04)<br>Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildung 1<br>Spalte 1, Zeile 4 - Spalte 3, Zeile 30<br>-----   | 1,12               |
| T          | GE INSPECTION TECHNOLOGIES: "USM 35<br>Ultrasonic Flaw Detector" "Online!"<br>XP002280037<br>Gefunden im Internet:<br>URL: <a href="http://www.geinspectiontechnologies.com/products/Ultrasonics/FlawDetectors/usm35.html">http://www.geinspectiontechnologies.com/products/Ultrasonics/FlawDetectors/usm35.html</a><br>> 'gefunden am 2004-05-10!<br>----- | 1-22               |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationaler Aktenzeichen

PCT/DE 03/03279

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument |    | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie |            | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|----|-------------------------------|-----------------------------------|------------|-------------------------------|
| US 6327921   | B1 | 11-12-2001                    | KEINE                             |            |                               |
| US 4176658   | A  | 04-12-1979                    | AU                                | 490105 B2  | 05-12-1974                    |
|  |    |                               | AU                                | 5655373 A  | 05-12-1974                    |
|  |    |                               | CA                                | 1012238 A1 | 14-06-1977                    |
|  |    |                               | DE                                | 2329385 A1 | 31-01-1974                    |
|  |    |                               | GB                                | 1439198 A  | 09-06-1976                    |
|  |    |                               | JP                                | 49063286 A | 19-06-1974                    |
|  |    |                               | AT                                | 507873 A   | 15-07-1980                    |